



Fysik för klimat och andra komplexa fenomen

Tre pristagare delar 2021 års Nobelpris i fysik för sina studier av kaotiska och till synes slumpartade fenomen. Syukuro Manabe och Klaus Hasselmann har lagt grunden till vår förståelse av jordens klimat och hur vi människor bidrar till dess förändringar. Giorgio Parisi belönas för sina banbrytande bidrag till teorin för oordnade material och slumpmässiga processer.

Alla komplexa system består av många olika delar som samverkar med varandra. De har varit föremål för fysikstudier sedan länge och är svåra att beskriva matematiskt – de kanske består av ett enormt antal komponenter, eller så styrs de av slumpen. De kan också vara kaotiska, som väder, då små skillnader vid startpunkten leder till stora skillnader i ett senare skede. Årets pristagare har alla bidragit till att vi numera har djupare kännedom om sådana system och deras långsiktiga beteende.

Ett komplext system av stor betydelse för mänskligheten är jordens klimat. **Syukuro Manabe** visade hur ökad koldioxidhalt i atmosfären ger upphov till högre temperatur på jordytan. Under 1960-talet utvecklade han fysikaliska modeller för jordens klimat och var först med att utforska samspillet mellan strålningsbalansen och den vertikala transporten av luftmassor. På så sätt lade han grunden för utvecklingen av dagens klimatmodeller.

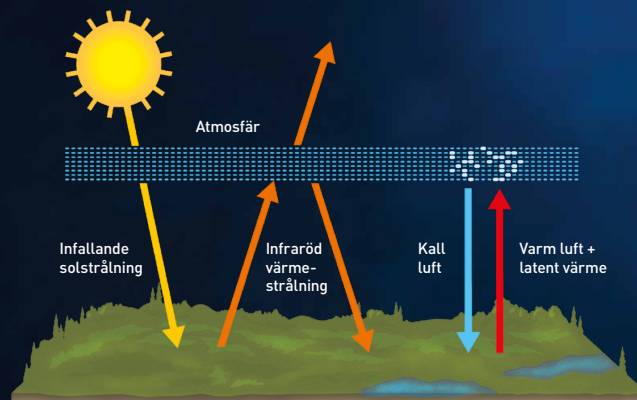
Ett tiotal år senare kopplade **Klaus Hasselmann** samman väder och klimat, och lyckades därmed besvara frågan om varför klimatmodeller kan vara pålitliga trots att vädret är omväxlande och kaotiskt. Han utvecklade även metoder för att identifiera specifika signaler, fingeravtryck, som både naturliga fenomen och mänskliga aktiviteter lämnar på klimatet. Hans metoder har använts för att påvisa att temperaturökningen i lägre atmosfären beror på mänskliga utsläpp av koldioxid.

Omröring 1980 upptäckte **Giorgio Parisi** dolda mönster i oordnade komplexa material. Hans upptäckter hör till de viktigaste bidragen inom teorin för komplexa system. De gör det möjligt att på ett matematiskt precist sätt förstå och beskriva många olika och till synes helt slumpmässiga material och fenomen, inte bara inom fysiken utan också inom flera vitt skilda områden, som matematik, biologi, neurovetenskap och maskininlärning.

Manabes klimatmodell

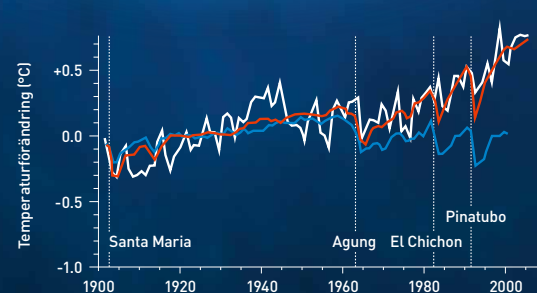
Jordens atmosfär släpper igenom solens kortvågiga strålar, medan jordens infraröda värmeutstrålning absorberas delvis av växthusgaserna i atmosfären, främst koldioxid och vattenånga, så att både luften och marken blir uppvärmda. Detta är principen för växthuseffekten.

Varm luft stiger genom konvektion och bär med sig vattenånga (latent värme). Högre upp, där atmosfären är kallare, kondenserar vattenångan och avger värme. Manabe var först med att på ett korrekt sätt inkludera infraröd strålning, konvektion och kondensation i en modell för klimatet.



Fingeravtryck

Klaus Hasselmann utvecklade metoder att jämföra mätningar, observationer och modeller för att få fram fingeravtryck från specifika fysikaliska processer i klimatsystemet, som förändringar i solinstrålningen, vulkaniska partiklar eller halten växthusgaser. Metoderna kan även tillämpas för att identifiera mänskliga avtryck på klimatet och resultaten ger klara besked: jorden håller på att värmas upp och det är mänskliga utsläpp av växthusgaser som bidrar till klimatuppvärmningen.



Syukuro Manabe
Född 1931 i Japan.
Senior Meteorologist
vid Princeton
University, USA.

Klaus Hasselmann
Född 1931 i Tyskland.
Professor, Max-
Planck-Institut
für Meteorologie,
Tyskland.

Giorgio Parisi
Född 1948 i Italien.
Professor vid
Sapienza Università
di Roma, Italien.

